

## **6. Comentarios y conclusiones**

La necesidad de proyectos de Ingeniería Civil que encuentren soluciones sostenibles a las necesidades de la sociedad, ha impulsado el enfoque holístico al enfrentar problemas. Actualmente se requieren soluciones óptimas, integrales y multidisciplinarias que exigen al ingeniero civil una mirada sistémica.

En este trabajo se ha buscado resaltar la importancia de este enfoque a través de ejercicios que muestran problemas actuales y cotidianos de las diversas áreas de la Ingeniería Civil. Se han presentado problemas de costos, ingeniería de transporte, hidráulica, geotecnia, construcción e ingeniería ambiental. Los ejercicios de ingeniería estructural se han dejado fuera pues exigen conocimientos de asignaturas que aún no han cursado los alumnos de Teoría General de Sistemas, de acuerdo al Plan de Estudios vigente.

La adecuación de los ejercicios al nivel de conocimiento de los alumnos ha llevado a que los problemas presentados sean tan sólo un esquema de la realidad que les dio origen. Es por ello que los ejercicios de Programación Lineal presentados tienen pocas variables de decisión, los de Redes se aplican en modelos pequeños y los proyectos programados tienen un número relativamente pequeño de actividades. Sin embargo, aunque se simplifique un proceso constructivo o se muestre una fracción de un estudio, para el alumno quedará claro que está resolviendo tan sólo una parte de un problema práctico mayor, y se le transmite la idea de complejidad de los proyectos de Ingeniería Civil que requieren la automatización de los algoritmos estudiados, ante la cantidad de variables que han de manejarse.

Baste citar el ejercicio 25, donde se determina el camino más corto entre dos puntos de una red vial urbana. En ella el problema se acota a un origen y un destino, y el alumno ejecuta el algoritmo de la Ruta más corta una sola vez. En la práctica para asignar los flujos a los arcos de la red se han de determinar las rutas más cortas para múltiples orígenes y destinos, creando un problema complejo donde el algoritmo expuesto se ejecuta cientos de veces.

Para creación de otros ejercicios se ha dejado información valiosa fuera que aumenta la complejidad de los sistemas planteados y que en algunos casos impide la aplicación del algoritmo estudiado. Por ejemplo, en el ejercicio 19 se esquematiza una parte de la red ferroviaria multimodal del país, mostrando longitud aproximada a la realidad. Sin embargo no se menciona que diferentes compañías operan distintos tramos de esta red, ni se toman en cuenta las condiciones de la vía, pues esto agregaría una complejidad al problema que no se puede resolver con un árbol de mínima expansión.

Los ejercicios dirigidos presentados en el trabajo han sido exhaustivos en los temas que abarca el programa de asignatura y pueden servir de base como ejercicio guía para la planeación de un curso o como material de estudio para los alumnos. Si bien su dificultad es baja, se complementan con los ejercicios resueltos.

La base de datos de ejercicios generada consta de 32 ejercicios que pueden servir de patrón para generar variantes. Los profesores pueden adecuar los ejercicios presentados a las necesidades de su curso, agregando nuevas variables, modificando valores o, en el caso de los ejercicios de redes, escogiendo otra región de estudio. Los materiales multimedia presentados son compatibles con la plataforma educativa de la Facultad de Ingeniería. Para los profesores familiarizados con el uso de Moodle su inclusión en sus cursos virtuales no representará ninguna dificultad.

Pero para aquellos que no lo conocen la curva de aprendizaje puede ser muy pronunciada. El uso de Moodle requiere conocimientos básicos de bases de datos y de hipertexto. Además es necesario que el profesor esté familiarizado con aplicaciones *web* como bitácoras, foros de discusión y salas de charla. Aunado a esto el profesor pasa de ser usuario de Internet a moderador de un sitio, y esta transición requiere mucho tiempo de práctica. Para implementar exitosamente un curso virtual en Moodle hará falta que el profesor ponga a prueba su sitio al menos un semestre.

Por otra parte, la actualización de contenidos no ha de limitarse a los problemas propuestos en este trabajo. Se requiere para el uso de la plataforma educativa, que se genere en formato digital el contenido de los cursos: apuntes, lecciones, glosarios, etc.

Por ello son de utilidad las presentaciones en diapositivas de los ejercicios dirigidos. Estas son compatibles con la plataforma educativa y además son de fácil modificación. Finalmente quiero agregar que la generación de ejercicios ha sido una experiencia estimulante y creativa. La búsqueda de ejercicios me ha llevado a la lectura de artículos técnicos de temas tan diversos como la intrusión salina en acuíferos y el diseño estructural de esclusas, donde se resuelven problemas de cientos de variables mediante la Programación Lineal. También me ha permitido conocer las nuevas soluciones que utilizan algoritmos más potentes y novedosos, y que en muchos casos tienen su origen en modelos lineales.